

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-168814

(43)Date of publication of application : 30.06.1997

(51)Int.Cl.

B21B 45/02

B21D 7/06

C21D 9/04

(21)Application number : 07-332234

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 20.12.1995

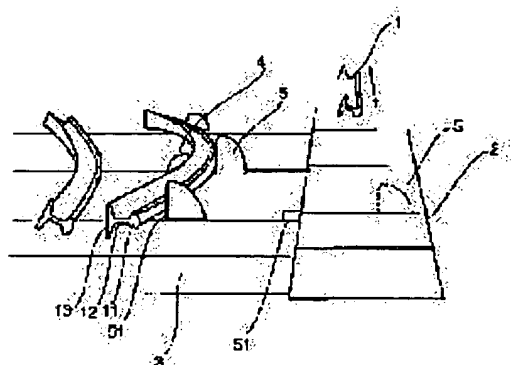
(72)Inventor : YOSHIHARA NAOTAKE  
MATSUOKA YUJI

## (54) METHOD FOR PREVENTING VERTICAL BEND OF RAIL

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a rail without vertical bend after cooling down to room temp.

SOLUTION: A rail 1, after hot rolling, the temp. of the head part 11 of which is higher and the temp. of the bottom part 13 is lower is made in the state where the belly part (web) 12 is horizontal by arranging a jig 51 under the head part in the state where the rail is horizontally laid and the middle part in the longitudinal direction is fixed with a stopper 4. The head part is elongated by bending the other part in a direction in which the head part becomes convex with a transfer 5, even after the high-temp. head part shrinks greatly thermally after cooling, by making the length of the head part same as the bottom part, the rail without vertical bend is obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.09.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-168814

(43) 公開日 平成9年(1997)6月30日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 1 B 45/02	3 2 0		B 2 1 B 45/02	3 2 0 P
B 2 1 D 7/06			B 2 1 D 7/06	M
C 2 1 D 9/04			C 2 1 D 9/04	A

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-332234

(22) 出願日 平成7年(1995)12月20日

(71) 出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72) 発明者 吉原 直武

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 松岡 雄二

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

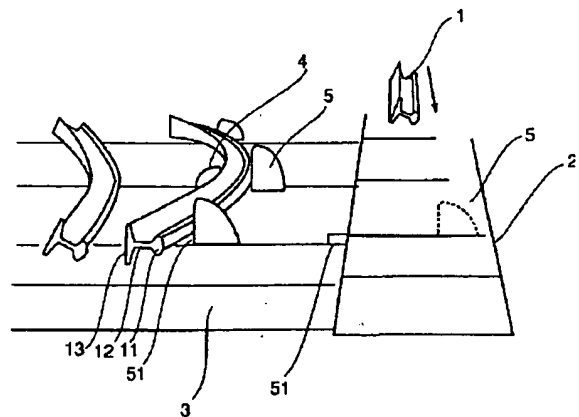
(74) 代理人 弁理士 細江 利昭

(54) 【発明の名称】 レールの上下曲がり防止法

(57) 【要約】

【課題】 室温に冷却後に上下曲がりのないレールを得る。

【解決手段】 熱間圧延後の、頭部11が高温で底部13が低温のレール1を、横置き状態で頭部の下部に治具51を配置して腹部(ウェブ)12が水平になる状態とし、長手方向中央部をストッパー4で固定し、他の部分をトランスファー5により頭部が凸になる方向に曲げて頭部を伸ばし、冷却後に高温の頭部が大きく熱収縮した後も、底部と同じ長さとなるようにして上下曲がりのないレールを得る。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 高温のレールを冷却するにあたり、レールの温度分布を推定し、室温まで冷却後に生じる上下曲がり量を予測し、該曲がり量が零と成るように、レールの上下方向にあらかじめ曲げ加工を施すことを特徴とするレールの上下曲がり防止法。

【請求項 2】 以下に示す工程を経ることを特徴とする請求項 1 に記載のレールの上下曲がり防止法。

イ) レールの温度を測定する工程と。

ロ) レールの温度分布の推定結果より曲げ加工量を求める工程と、

ハ) レールを横置き状態で頭部の下にレールと共に移動可能な治具 51 を配置して、レールの頭部中央と底部中央を結ぶ面を水平とする工程と、

ニ) レールを複数のトランスファー 5 によりレールの頭部中央と底部中央を結ぶ面に平行で、かつレールの長手方向と直角方向に移動させる工程と、

ホ) レールの長手方向中央部にストッパー 4 をあてて、この部分の移動を停止させると共に、レールの他の部分をトランスファーにより引続き移動させてレールを頭部が凸になる様に曲げる工程と、

ヘ) 所定の曲げ加工量とした後に曲げ加工を終了する工程。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、高温より冷却した状態で曲がり量が少なく、その後に矯正を必要としない、または必要とする矯正量が少ないレールの製造方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 鉄道用のレールは熱間圧延により製造するが、その形状が特殊なため圧延を開始直後は均一であった温度分布は、圧延の後期には位置による差が相当に大きくなる。すなわち、底部 13 (以後、レールの使用状態における下部のフランジ部分を底部と記す。また、車輪に接する部分を頭部 11、頭部と底部を結ぶ間のウェブ部分を腹部 12 と記す。) は、頭部に比較して鋼の量に対する表面積が大きく、ロール等への熱伝達量が頭部側に比較して多くなり、結果として頭部に対して温度が低くなる。

【0003】 たとえば、圧延終了時における頭部と底部の温度差は、図 2 に示した例では 200℃にも達している。この温度差を持ったレールをそのまま冷却すると、当然、高温の頭部の熱収縮量が低温の底部の熱収縮量より大きくなり、十分に冷却した後には、頭部が凹になる方向 (底部が外円になる方向) の曲がりが発生する。

【0004】 一方、レールは上記したように非対象であるため、仮に、冷却開始時にはレール内部に温度差が無い場合も、冷却中の冷却速度が位置により異なるため、やはり上下方向に曲がることが知られている。

【0005】 この、冷却後のレールに発生する曲がり量を少なく、または無くすために多くの技術が検討されている。しかし、その大部分は、特開昭 59-31824 号公報、特開昭 61-60827 号公報、特開昭 63-114923 号公報、特開平 6-218423 号公報等に示されているように、一度、均一な温度にまで昇温されたレールの冷却途中に発生する曲がりに対する対策であり、熱間圧延終了時における様な温度差に起因する曲がりに注目した技術は、特開平 5-76921 号公報に見られるにすぎない。

【0006】 この、特開平 5-76921 号公報には、高温の状態でレールの端部に頭部が凸になる様に曲げ加工を加えることにより、冷却後に曲がりの少ないレールを得ることができると述べられている。

**【0007】**

【発明が解決しようとする課題】 レールに発生する曲がりを冷却後に矯正を行うことは、著しく低効率、且つ高コストである。また、矯正の量が多いと残留応力が大きくなる等の内質劣化の問題も生じる。

【0008】 ところが、上記したように冷却後に、曲がりの少ないレールを得るための冷却方法についての技術の大半は、真っ直ぐで温度が均一な高温のレールがまず得られると言う前提のもとになされている。したがって、熱間圧延後の内部の温度差が大きい状態のレールにおいて、曲がりの発生しない冷却方法に応用することもある程度は可能であるが、本質的な解決策ではないと言っている。

【0009】 特開平 5-76921 号公報に記載の技術は、ロール矯正が困難な端部の曲がりを、少なくする技術とされており、設備費は安価、効率も高い技術ではある。しかし、レールの長さ方向の中央部はロール矯正を行うことを前提としており、限られた効果を目的としたやや中途半端な技術とも言え、場合により工程数が増加する可能性もある。また、頭部と底部の幅の差により製品に複雑な曲がりが残ると言う品質面での問題も予想される。

**【0010】**

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、比較的簡単な設備で、また能率的かつ経済的で、真直度の高いレールを製造する技術の確立を目指して、種々の方法を検討して以下に述べる発明を完成させた。

【0011】 従来、冷却後のレールに発生する曲がり量は、冷却開始時 (圧延終了時) の温度差と、冷却過程における頭部と底部の冷却速度の差に起因するとされてきた。冷却過程における頭部と底部の冷却速度の差に起因する曲がりは、完全に均一の温度のレールを冷却する場合も、まず、底部の温度が下がり、頭部が凸になり、この状態で頭部は圧縮されて短くなり、頭部が冷却された後は頭部が底部に比較して短くなっているため、頭部が凹になる方向に曲がるというものである。

【0012】しかしながら、本発明者らはこの冷却速度に起因する曲がり、頭部の温度が高い場合は、頭部の冷却速度が速くなるため実際はそれ程大きくはなく、冷却後に発生する曲がり、実質的に冷却開始時（圧延終了時）のレール内部の温度分布等により決定されとの知見を得て、それを基に本発明を完成させた。

【0013】本発明は、冷却後は短くなる頭部を高温状態で凸になるように曲げることにより伸ばし、冷却後の頭部と底部の長さを等しくすると言うものであり、第1発明は、高温のレールを冷却するにあたり、レールの温度分布を推定し、室温まで冷却後に生じる上下曲がり量を予測し、該曲がり量が零と成るように、レールの上下方向にあらかじめ曲げ加工を施すレールの上下曲がり防止法である。

【0014】また、第2発明は第1発明を以下に示す工程を経て行うレールの上下曲がり防止法である。

イ) レールの温度を測定する工程と。

ロ) レールの温度分布の推定結果より曲げ加工量を求める工程と、

ハ) レールを横置き状態で頭部の下にレールと共に移動可能な治具51を配置して、レールの頭部中央と底部中央を結ぶ面を水平とする工程と、

ニ) レールを複数のトランスファー5によりレールの頭部中央と底部中央を結ぶ面に平行で、かつレールの長手方向と直角方向に移動させる工程と、

ホ) レールの長手方向中央部にストッパー4をあてて、この部分の移動を停止させると共に、レールの他の部分をトランスファーにより引続き移動させてレールを頭部が凸になる様に曲げる工程と、

ヘ) 所定の曲げ加工量とした後に曲げ加工を終了する工程。

【0015】曲げ加工は頭部を外円とする弧状になる様に行う。曲げ加工量はレールの寸法、加工時の温度分布

$$M\theta = \alpha E f_s \cdot T \cdot Z d s \cdots \cdots (1)$$

ここで  $\alpha$  : 線膨張係数

E : ヤング率

T : 温度

S : レールの断面の部分の合計

$$h\theta = M\theta L^2 / 8 E^2 \cdots \cdots (2)$$

ここで L : レールの長さ

3-2) スプリングバック量を考慮して曲げの除荷後に

$$h_0 = h\theta + L^2 M / 8 E I \cdots \cdots (3)$$

ここで M : 曲がり  $h_0$  を与えた時の曲げモーメント  
(材料力学理論より計算する。)

I : レールの断面の中央点からの、頭部と底部を結ぶ線と直角方向 (Y 軸) 回りの断面 2 次モーメントになる。

【0020】なお、

4) レールの曲加工を行う工程は具体的には、

4') レールの両端を結ぶ線の中央点と、レールの長さ方向中央部との距離が前記  $h_0$  になるようにレールを曲

等より求める。曲げる力を掛ける方向は、頭部中心と底部中心を結ぶ面に略平行である必要がある。底面（底面の頭部に対して逆側の面）または、頭頂面に対して垂直である必要はない。曲げ加工後のレールの頭部中心を結ぶ円弧と底部中心を結ぶ円弧が、共に同心円の 1 部であり、かつ同一平面上にあれば良い。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明は、冷却後に曲がる方向と逆向きに予め高温状態で曲げておくものである。実験を繰替えて、レールの各部の温度、温度差に対応した曲げ加工量を決定することももちろん本発明の範囲に含まれる。

【0017】たとえば、以下に示す様な工程を経るレールの製造方法である。

1) レールの温度を測定する工程と、

2) レールの頭部と底部の温度差を求める工程と、

3) レールの頭部と底部の温度および温度差より曲げ加工量求める工程と、

4) レールの曲加工を行う工程と、

5) 冷却する工程。

【0018】なお、温度差は主として冷却後の曲がりの量に対応する。また、温度は曲げ加工時のスプリングバック量に関係する。

【0019】上記の工程の内、

3) レールの頭部と底部の温度および温度差より曲げ加工量求める工程に変えて、

3') レールの内部の温度分布の推定結果より曲げ加工量求める工程とすることも可能である。また、

3') レールの内部の温度分布の推定結果より曲げ加工量求める工程をさらに具体的に述べると、

3-1) 前記レールの内部の温度分布の推定結果より、  
(1) 式を用いて、温度モーメント  $M\theta$  を求める工程と、

Z : レールの断面の中央点からの頭部、または底部方向に向かう距離

3-2) 前記温度モーメント  $M\theta$  を用いて室温に冷却後の曲がり量  $h\theta$  を (2) 式より求める工程と、

40 曲がり量が前記  $h\theta$  であり、方向が逆向きになる様に曲げる条件  $h_0$  を (3) 式より求める工程と、

ける工程であり、ここで、レールの両端を結ぶ線の中央点とは、レールの両端の幅方向断面の対応する位置を結ぶ線の中央点であり、レールの長さ方向中央部との距離が  $h_0$  になるとは、曲げ加工前後のこの中央点間の距離が  $h_0$  になることを指す。

【0021】レールを横置きした状態で曲げ加工を行う場合に、上記した様な曲げ加工を行うためには、レールを立てた状態（レールの使用状態の方位にあたる。）で

曲げ加工を行う場合と異なり特別な装置が必要である。

【0022】図3はレールを横置きした状態で曲げ加工を行うために移動中の状態を示す。1は高温状態のレール、3は冷却床、5はレールを移動させ曲げ加工を行うトランスファーである。この場合はレールの頭部11は冷却床上に直接乗っており、レールが底部方向（左方向）に移動させられて底部13の1部が図示していないストッパ4に固定され、その後に移動可能なトランスファーがさらに矢印方向に移動してレールに曲げ加工を与えた場合は、レールは上下方向だけでなく左右方向にも曲がった複雑な形状となり、冷却後の形状も曲がったものとなる。

【0023】図4はレールは頭部が冷却床上に直接接触せず、腹部が水平に成るように、頭部の下に治具51を配置した状態を示す。この治具はトランスファーと共に移動する。この様にしてレールに曲げ加工を加えると、レールを上下方向にのみ曲げることが可能になる。

【0024】なお、力は頭部が凸となるように底部中央部を固定力点（力をかける点を、以後、力点と記す。）とし、頭部の端部を移動させても、逆に頭部端部を固定力点とし、底部中央部を移動させても両方が移動する様に力を加えても良いことはもちろんである。

【0025】固定、移動の力点の数は特に規定しない。合計で3個以上でありレールの長さ方向の中央部に対して対称であれば良い。各々の力点にかかる力の方向も特に規定しない。互いに平行であっても、同一点に向かうものであっても、また、同一点から発散する方向であってもよく、さらに、これら以外であってもよい。曲げ加工量が適切であり、曲げ加工後の頭部中央と底部中央を結ぶ面が、曲げ加工前の頭部中央と底部の中央部を結ぶ面と同一平面上にあることが条件である。

【0026】

【実施例】本発明の実施例を図1に基づいて説明する。圧延された高温のレール1は、図面上の右上方から図示していないローラによりレール搬入テーブル2に横置き状態で移送される。ここにおいてトランスファー5は破線で示した位置、すなわちレールが搬入された位置の右側のレールの頭部側に位置している。また、頭部を下からささえ、横置き状態のレールの腹部を水平に保つ治具51は、破線で示した位置である冷却床の右端のレール搬入テーブルの側に位置している。

【0027】レールがトランスファーの左側に搬入されると、トランスファーはレールを冷却床の側に移動させる。なお、図1においてはトランスファーは図を簡単にするために3個としているが、数が多い方が曲げ加工の形状の制御が正確にできる。レールは底部が治具を越えて冷却床上に載り、底部は冷却床に頭部は治具上に載った状態となり、レールの頭部中央と底部中央部を結ぶ面は略水平になる。

【0028】この状態でレールは治具により頭部を支え

られつつ、トランスファーにより左方向に一定の距離移動させられ、やがてレールの底部中央部が冷却床上に飛び出ているストッパ4に当たりレールの中央部の移動は停止する。しかし、レールの端部近くにはストッパが配置されていないため、レールの端部はトランスファーによりさらに左方向に移動させられ、レールは頭部中央と底部中央を結ぶ面を水平に保ちつつ、頭部が凸になるように曲げ加工を受ける。

【0029】所定の曲げ加工量になった後にストッパが冷却床の下に潜り、全てのトランスファーが再び左方向に移動してレールを左に移し、その後にトランスファーおよび治具は元の位置に戻り、次のレールの搬入に備えて待機する。

【0030】なお、頭部の位置を保持する治具は、レールがストッパとトランスファーにより拘束状態となった後は、レールの腹部を水平状態に保つ必要がなくなるため、トランスファーと共に移動する必要はなく、先に元の位置に戻っていてもよい。

【0031】以上の実施例を図5を用いてさらに説明する。高温のレール1は（5-1）に示す様にレール搬入テーブル2に横置き状態で移送される。ここにおいてトランスファー5はレールの右側に待機している。また、レールの腹部を水平に保つ治具51は冷却床3の右端のレール搬入テーブルの側に位置している。

【0032】次いで、トランスファーはレールを冷却床側に移動させ（5-2）、レールの底部が治具を越えて冷却床上に載り、底部は冷却床に頭部は治具上に載った状態となり、レールの頭部中央と底部の中央部を結ぶ面は略水平になる。（5-3）

【0033】この状態でレールは治具により頭部を支えられつつ、トランスファーにより左方向に一定の距離移動させられ（5-3）、やがてレールの底部中央部が冷却床上に飛び出ている図示していないストッパ4に当たりレールの中央部の移動は停止する。

【0034】しかし、レールの端部近くにはストッパ4は配置されていないため、レールの端部はトランスファーによりさらに左方向に移動させられ、レールは頭部中央と底部中央を結ぶ面を水平に保ちつつ、頭部が凸になるように曲げ加工を受ける。（5-4）なお、52は（3）式で決定される曲がり量 $h\theta$ を実現するための各トランスファー5の移動を決めるストッパであり、治具はこのストッパ52より左方向には移動しない。

【0035】所定の曲げ加工量になった後、ストッパ4が冷却床の下に潜り、全てのトランスファーが再び左方向に移動してレールを左に移し、その後にトランスファーおよび治具は元の位置に戻り、次のレールの搬入に備えて待機する。（5-5、5-6）

【0036】図6に示す実施例は治具を伴ったトランスファー5と、治具を伴わないトランスファー6が交互に配置されている。なお、トランスファー5とトランスフ

アー6は別の油圧系統により移動する機構となっている。

【0037】レール1の底部がストッパー4にあたり、治具51を伴った移動可能なトランスファー5はさらに一定の距離移動してレールを所定の量曲げた後に治具と共にもとの位置にもどる。レールが所定の曲率になった後にストッパーが冷却床に下にさがり、トランスファー6はさらに移動してレールを所定の距離移送した後にの位置に戻る。10は冷却されて真っ直ぐになったレールである。

【0038】もちろん、上記のパターンに限定されるものではなく、以下に示す様な曲げ加工方法でも略同様の形状のレールが得られる。

1) (トランスファー5、トランスファー6、治具51、レール1が移動開始) → (レールの底部中央部がストッパー4にあたる) → (治具が移動を中止してもどる) → (トランスファー5が移動を中止してもどる) → (所定の曲がり量になりトランスファー6が移動中止) → (ストッパーが下がる) → (トランスファー6が移動再開)

2) (トランスファー5、トランスファー6、治具51、レール1が移動開始) → (底部中央部がストッパー4にあたり、治具およびトランスファー5が移動を中止して戻る) → (所定の曲がり量になりトランスファー6が移動中止) → (ストッパーが下がる) → (トランスファー6が移動再開)

3) (トランスファー5、トランスファー6、治具51、レール1が移動開始) → (底部中央部がストッパー4にあたる) → (所定の曲がり量になりトランスファー5、トランスファー6、治具が移動中止) → (ストッパーが下がる) → (トランスファー5、治具が戻り、トランスファー6が移動再開) 等である。

【0039】25m長さの50kgレールの、熱間圧延開始後の最初のレールは図2に示す様な温度分布であった。この温度分布を基に先の(1)、(2)、(3)式を用いて求めた曲げ加工量は900mmであった。その後の10本は同様の作業を繰り返し、加工量の範囲が850～950mmの曲げ加工を行った。

【0040】これらのレールの冷却後の曲がりの量は、

±10mm(＋は頭部が凸)以内であり矯正は不要であった。その後に110本のレールを頭部と底部の温度および差が各々690～710℃、490～510℃、190～210℃の間にあることを確認して、加工量が870～920mmの範囲の曲げ加工を行った。

【0041】その結果、レールの冷却後の曲がりの量が±10mmの範囲内に入ったレールは102本であり、±10mmを越える(±20mm以内)ものは、8本であった。なお、本発明の方法により曲げ加工を行わなかった10本のレールの冷却後の曲がり量は800～900mmの範囲にあり、大幅な矯正が必要であった。

【0042】

【発明の効果】本発明の方法により、能率的かつ経済的に曲がりの少ないレールを得ることが可能になった。本発明の方法は冷却後の矯正を必要としない画期的なプロセスである。また、鋼の材質や冷却速度に関係なく適用可能であり、製品の残量応力も少ない優れた方法である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施する装置の概略図である。

【図2】熱間圧延終了後のレールの温度分布を示す図である。

【図3】レールを横置きした状態の断面図である。

【図4】レールの頭部の下に治具を配置して横置きした状態の断面図である。

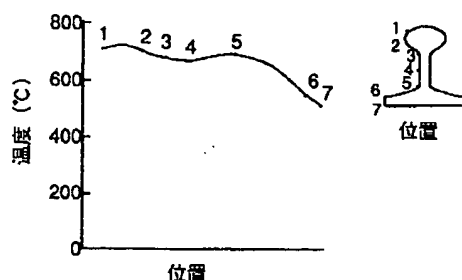
【図5】本発明を実施する方法を示す説明図である。

【図6】本発明を実施する装置の1例の概念図である。

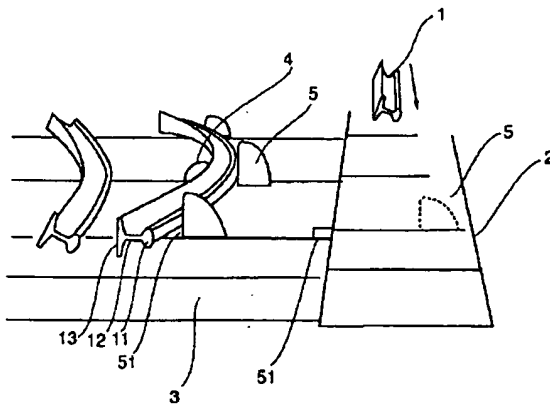
【符号の説明】

- 1・・・高温のレール
- 11・・・高温のレールの頭部
- 12・・・高温のレールの腹部
- 13・・・高温のレールの底部
- 2・・・レール搬入テーブル
- 3・・・冷却床
- 4・・・ストッパー
- 5・・・トランスファー(治具を伴った)
- 51・・・頭部の高さを保つ治具
- 52・・・頭部の高さを保つ治具のストッパー
- 6・・・トランスファー(治具を伴わない)

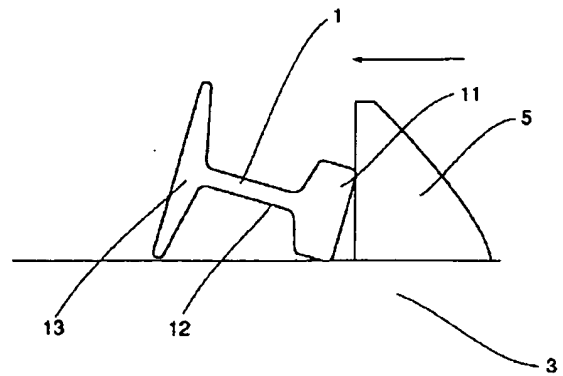
【図2】



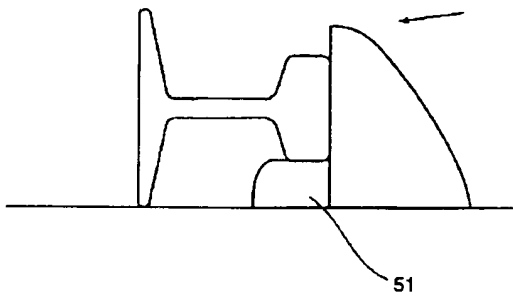
【図1】



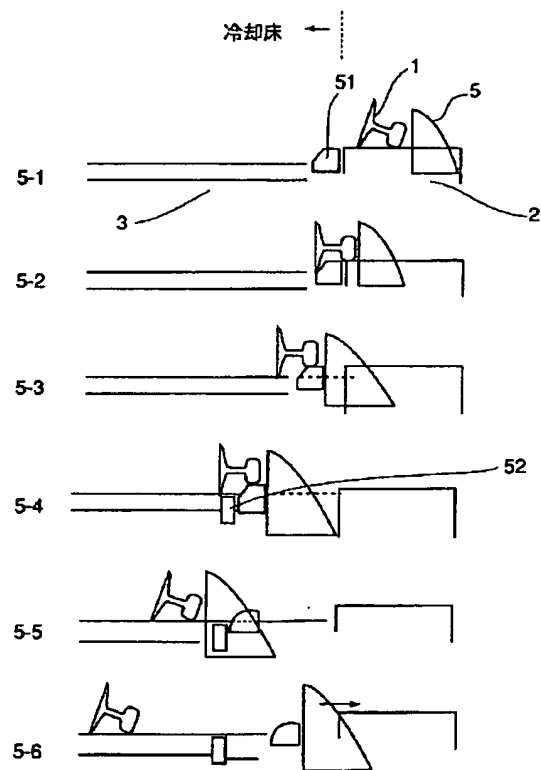
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

